

Automação Predial: um breve estudo sobre as tecnologias e técnicas comumente adotadas em prédios comerciais

Luiz Antônio de Moraes Pereira¹

¹Departamento de Informática
Laboratório de Tecnologias de Banco de Dados (TecBD)
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

lpereira@uninet.com.br

Resumo

No início dos anos 60 surgiram os primeiros sistemas de controle centralizado nos edifícios, em consequência da crescente complexidade das instalações técnicas utilizadas naquelas construções. Com o embargo de petróleo pela OPEP em 1973, automação predial passou a estar também fortemente associada à gerência de energia. Como o gerenciamento de energia é uma preocupação que se alia a questões de sustentabilidade e ecologia, em bastante destaque hoje em dia, os sistemas de automação predial vêm buscando conciliar essa abrangência ao conforto, à segurança de seus ocupantes, ao controle de iluminação, temperatura, acesso, segurança contra incêndio e ao controle de tráfego em elevadores, dentre outros. Esses atributos vieram a caracterizar os chamados "prédios inteligentes". Este texto busca organizar as principais tecnologias e técnicas atualmente disponíveis aplicáveis a projetos de prédios inteligentes, apresentando suas principais características de engenharia, suas vantagens e desvantagens quando comparadas entre si. Para tal, apresentamos os conceitos e aplicações típicas de automação predial, relacionamos as tecnologias e técnicas comumente usadas atualmente nos sistemas de automação predial, tratamos dos objetivos e ressaltamos a importância da interoperabilidade entre dispositivos de automação.

1. Introdução

Neste capítulo apresentaremos uma breve história da automação predial e a motivação para a adoção dessas tecnologias e técnicas.

1.1. Breve História da Automação Predial

No início dos anos 60 surgiram os primeiros sistemas de controle centralizado nos edifícios, em consequência da crescente complexidade das instalações técnicas utilizadas naquelas construções. Uma das principais aplicações visava o controle e o monitoramento dos equipamentos de climatização dos edifícios ([18]). Nessa época, o consumo eficiente de energia não era uma questão importante.

Com o embargo de petróleo pela OPEP em 1973, automação predial passou a estar fortemente associada à gerência de energia (segundo [16], o conceito de automação predial deriva do próprio conceito de gerência de energia), quando questões relativas ao custo de energia e sustentabilidade passaram a ser bastante discutidas. Surgiram, então, os primeiros sistemas de gerência de energia (EMSs), permitindo o agendamento de ciclos de funcionamento e desligamento de aparelhos, visando a diminuição das despesas com energia. Esses sistemas, de fato, resultaram na diminuição das despesas com energia, frequentemente acompanhada, no entanto, de um aumento nas despesas com a manutenção do equipamento, decréscimo no conforto e, em alguns casos, na piora da qualidade do ar interno.

Nos anos que se seguiram, o projeto e a aplicação dos sistemas de gerência de energia se aperfeiçoaram e, com o advento dos controles digitais diretos – CDD (*direct digital control* – DDCs) [7] — no final dos

anos 80, esses sistemas começaram a se tornar sistemas de controle bastante sofisticados.

Os anos 90 caracterizaram-se pela mudança em direção a protocolos abertos. Concomitantemente, com o advento dos microprocessadores e microcontroladores poderosos e baratos, deu-se início à era de desenvolvimento de dispositivos de automação mais "inteligentes" para emprego em mais larga escala nas automações, não só predial, como também residencial e industrial. Esses dispositivos, com mais "inteligência embarcada" e, por consequência, menos dependentes de controles centralizados, estabeleceram uma nova tendência em direção à adoção de arquiteturas distribuídas.

Em função do gerenciamento de energia ainda ser uma preocupação que se alia a outras questões, como sustentabilidade e ecologia, os sistemas de automação predial vêm buscando conciliar essas necessidades ao conforto e segurança de seus ocupantes, além da confiabilidade com que precisam operar no dia-a-dia... isso tudo através da integração entre sistemas de controle mais personalizáveis de iluminação e temperatura, sistemas de controle e segurança de acesso, de segurança contra incêndio, de controle de tráfego em elevadores, dentre outros.

O fato é que, infelizmente, muitos prédios ditos "verdes" não são nem eficientes nem inteligentes, a despeito de atualmente se dispor de técnicas e tecnologias para isso.

1.2. Motivação e Objetivos

Este texto surgiu da necessidade de organização dos conceitos associados às inúmeras tecnologias atualmente disponíveis para automação predial. O estudo busca organizar as principais tecnologias e técnicas aplicáveis a projetos de prédios inteligentes que estão atualmente disponíveis, apresentando suas principais características de engenharia, suas vantagens e desvantagens quando comparadas entre si. O texto pode ser usado, por exemplo, por quem precisa de informação básica e rápida, como uma aproximação inicial para o tema.

1.3. Estrutura do Documento

O restante deste documento está organizado da seguinte forma: no capítulo 2 apresentamos os conceitos e algumas aplicações típicas de automação predial. No capítulo 3 relacionamos as tecnologias e técnicas comumente usadas atualmente nos sistemas de automação predial. No capítulo 4 tratamos dos objetivos e ressaltamos a importância da interoperabilidade entre dispositivos de automação. Finalmente, no capítulo 5, fazemos a conclusão do texto.

2. Conceitos e Aplicações Típicas de Automação Predial

Neste capítulo apresentaremos os principais conceitos associados ao contexto de automação predial e os usos típicos de automação aplicada a prédios de alta tecnologia.

2.1. Conceitos

Apresentamos adiante alguns conceitos importantes relativos à automação predial.

2.1.1. Sistemas de Automação Predial – SAPs.

Sistemas de Automação Predial – SAPs (*Building Automation Systems* – BAS) - são exemplos de sistemas distribuídos de controle. Um sistema de controle é uma rede informatizada de dispositivos

projetada para monitorar e controlar os sistemas elétricos e eletromecânicos em um prédio.

Basicamente, um SAP mantém a temperatura ambiente em uma determinada faixa, provê iluminação baseada em uma programação de ocupação e monitora a performance do sistema e a falha de dispositivos, enviando notificações para o corpo de engenharia do prédio. Com isso os SAPs buscam reduzir os dispêndios com energia elétrica e manutenção. Prédios providos com SAPs eram chamados de *edifícios inteligentes*.

2.1.2. Prédios de Alta Tecnologia.

Edifícios inteligentes, modernamente chamados de *prédios de alta tecnologia*, são espaços que utilizam as mais novas tecnologias disponíveis baseadas em equipamentos eletro-eletrônicos e informatizados, para melhorar os aspectos de conforto, segurança e produtividade de seus ocupantes, além de reduzir os custos operacionais e de manutenção. São edificações invariavelmente providas de um ou mais SAPs.

2.1.3. Ambientes Inteligentes.

Ambientes inteligentes são aqueles capazes de adquirir e aplicar os conhecimentos sobre si próprios e de seus ocupantes de forma a melhorar o dia-a-dia de seus ocupantes ([12]), tipicamente contando com elevados índices de automação. Prédios de alta tecnologia podem contar com ambientes inteligentes, com capacidades para lerem as impressões digitais e destravarem portas (provendo, portanto, o controle de acesso), contando, também, com dispositivos com memória, como interruptores/*dimmers* e aparelhos de condicionamento de ar que também possam ser controlados a distância, por comando de voz, por exemplo.

2.1.4. Sistemas de Gerência de Energia.

Um sistema de gerência de energia (*Energy Management System*, EMS) consiste de um sistema de controle projetado para minimizar o dispêndio de energia em um prédio, considerando restrições que dizem respeito a conforto dos ocupantes, segurança e horário, dentre outras, impostas por seus usuários. Para tal, EMSs incluem software, sensores, atuadores, dispositivos de interface, processadores, dispositivos e infra-estrutura de comunicação.

2.1.5. Controles Digitais Diretos.

Controles digitais diretos são dispositivos de controle contendo microprocessadores que executam o software necessário para processar a lógica de controle ([8]). Esses dispositivos podem conter também sensores e/ou atuadores e conversores (convertem os valores captados pelos sensores analógicos – resistência, voltagem, corrente, por exemplo – transformando-os em níveis digitais processáveis). CDDs compõem redes de automação juntamente com computadores, que são primariamente usados para monitorar o status do sistema de gerenciamento de energia, processar e armazenar *backups* e armazenar os registros dos eventos ocorridos. Com isso as funções do sistema são realizadas, quase que exclusivamente, no nível arquitetural mais baixo do sistema.

Controles digitais diretos provêm controle mais efetivo que os mecanismos convencionais de controle em, por exemplo, sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (HVAC), por proverem maior flexibilidade e, potencialmente, maior precisão de sensoriamento de temperatura, umidade e pressão, já que a lógica do *loop* de controle é especificada em software e, portanto, pode ser mais facil-

mente implementada e alterada.

Sistemas de controles digitais diretos podem integrar-se facilmente a outros sistemas de controle informatizados, tais como sistemas de controle de incêndio, de controle de acesso e de iluminação, e a recursos de informática convencionais, como servidores de e-mails e de páginas. Estes dois recursos, por sinal, são de grande importância, pois possibilitam que os técnicos de manutenção, fornecedores e fabricantes sejam avisados automaticamente por ocasião de uma falha e possam monitorar e operar os sistemas remotamente, definindo parâmetros de operação e corrigindo problemas.

Muitos sistemas também adotam a distribuição de processamento e controle para diminuir o tráfego de informação no canal de comunicação (para controle), permitindo, com isso, compor-se sistemas mais abrangentes, com um maior número de dispositivos.

2.2. Aplicações Típicas

Apresentamos, a seguir, algumas aplicações importantes em automação predial, boa parte delas com grande relação a economia de energia.

2.2.1. Controle de Iluminação.

As luzes de um prédio comercial podem ser ligadas ou desligadas com base em uma programação de horário, ou a partir de sensores de presença (as luzes permanecem acesas por um certo tempo após a detecção de movimento) ou de luminosidade (células fotoelétricas).

Os sistemas de controle de iluminação apresentam os seguintes pontos positivos:

- permitem o acionamento de muitos circuitos de iluminação de um mesmo lugar;
- permitem o acionamento de muitos circuitos usando um mesmo switch;
- permitem o acionamento remoto de circuitos;
- permitem o acionamento automático e manual de circuitos.

Como uma grande preocupação em prédios institucionais e comerciais é com iluminação, o emprego de sistemas automatizados e inteligentes de controle de iluminação é uma das duas medidas¹ que podem resultar em substancial economia de dinheiro. Essa economia resulta do correto gerenciamento do ciclo de operação dos dispositivos de iluminação, do uso de sensores de luminosidade e de ocupação.

Alguns modelos de acionamento de iluminação comumente adotados são relacionados a seguir, havendo, para cada um deles, vantagens e desvantagens que variam, também, com os tipos dos dispositivos de iluminação usados (se luz fria, se incandescente, etc):

- iluminação acionada por sensor de presença, que liga as luzes quando há movimento, e desliga alguns minutos após o movimento ter cessado, que ocorre usualmente após o último ocupante ter deixado o ambiente;
- iluminação acionada e desligada automaticamente, com base em um horário pré-estabelecido;
- iluminação acionada manualmente ou por sensor de presença e desligada automaticamente.

A economia de energia obtida em cada esquema acima depende de vários parâmetros: a média de tempo em que as luzes ficam desligadas pela ausência de pessoas, qual potência total dissipada pelos dispositivos de iluminação na unidade de tempo, qual a energia consumida na partida desses dispositivos, qual a probabilidade da ocorrência de eventos de detecção de movimento ou de ausência dele, dentre outros. Outra questão importante é conhecer-se o aumento na taxa de falhas dos dispositivos de iluminação

¹O emprego de dispositivos de iluminação mais eficientes é outra medida que resulta em expressiva economia de energia.

– e o correspondente custo de substituição – como consequência do aumento de operações liga-desliga. Um estudo precisa ser realizado para cada caso.

Independentemente do modelo de acionamento adotado, conforme visto acima, também é esperada uma diminuição nos gastos com energia para iluminação por meio da diminuição da área de atuação de um mesmo acionador.

É importante salientar que os sistemas disponíveis atualmente já começam a implementar protocolos padronizados de comunicação. Essa característica é muito importante pois permite que os sistemas de iluminação interoperem com os demais sistemas de automação predial ([3]).

Alguns *links* importantes (acesso em abril de 2011):

<http://www.automatedbuildings.com/systems/lighting.htm>.

<http://www.gelampadas.com.br> (GE).

<http://www.brtint.com/index2.html> (Lumisys/BlueRidge).

2.2.2. Controle de Temperatura.

A temperatura ambiente no local de trabalho tem estreita relação com a perda de produtividade ([?], seja a temperatura muito alta ou muito baixa. A temperatura interna muito baixa, além de diminuir a produtividade, evidencia um desperdício de energia por má regulagem do ar-condicionado (considerando o clima que temos no Brasil). Por essas razões, a manutenção da temperatura interna em níveis ideais em um prédio comercial é de grande importância.

O controle de temperatura (ar-condicionado ou aquecimento) e os controles de umidade e de ventilação são englobados em uma área da automação predial conhecida por HVAC (do inglês *Heating, Ventilating and Air Conditioning*). HVAC procura controlar esses parâmetros visando o conforto térmico, a qualidade do ar interno e o equilíbrio de pressões entre os cômodos, situando, ainda, os custos de instalação, operação e manutenção em níveis aceitáveis.

Ventilação, que pode ser natural ou forçada, é o processo de circulação e troca de ar em um ambiente com a finalidade de controlar a temperatura, remover umidade, poeira, fumaça ou bactérias. Ventilação é um dos fatores mais importantes para se manter a qualidade do ar em níveis aceitáveis.

Refrigeração é provida pela remoção do calor do ar, o que pode ser feita por meio de radiação, convecção e condução, utilizando água, ar, gelo e produtos químicos.

Alguns outros *links* importantes (acesso em abril de 2011):

<http://www.peoplesco.com/controls.php> (*System One Control*).

http://www.johnsoncontrols.com/publish/us/en/products/building_efficiency/integrated_hvac_systems/hvac.html.

2.2.3. Automação de Elevadores.

As pesquisas desenvolvidas pela indústria de elevadores buscam a criação de modelos que circulem suavemente, que operam de maneira mais eficiente e que dão menos problemas de manutenção. Elevadores podem ser projetados para andarem mais rápido (o mais rápido de que se tem notícia trafega a cerca de 1.010 metros por minuto² – quase 61 Km/h), e com recursos para diminuir os incômodos causados nos ouvidos e nos estômagos dos passageiros.

Da década de 70 para cá, a *inteligência embarcada* nos elevadores vem aumentando bastante por conta dos microcontroladores que vêm sendo adicionados aos sistemas. Essa inteligência permite, por

²Ver em <http://www.asianoffbeat.com/default.asp?Display=980>, acesso em abril/2011.

exemplo, que os elevadores determinem padrões de tráfego, que decidam por parar ou não em determinado andar ou que antecipem seus movimentos com base em *aprendizado*. Alguns sistemas contam, para tal, com contadores de pessoas que saem ou entram nos elevadores em cada parada.

Esses elevadores executam algoritmos para a definição de onde parar e qual sentido tomar. O algoritmo mais simples é chamado de *algoritmo do elevador*. O algoritmo se inicia estando o elevador no estado neutro (parado e sem chamada registrada).

1. Estando no estado neutro, ao receber uma chamada, adotar como sentido inicial o sentido para atender a chamada;
2. Continuar no mesmo sentido enquanto houver chamadas para viagens nesse mesmo sentido;
3. Se não há mais chamadas nesse mesmo sentido então parar e assumir o estado "neutro".

Elevadores modernos usam algoritmos bem mais complexos para decidirem como irão atender às sequências de solicitações.

A eficiência de um conjunto de elevadores instalados em um edifício comercial pode aumentar se houver um *despachante* central que agrupe no mesmo elevador os passageiros que vão para um mesmo andar. Esse mecanismo, desenvolvido inicialmente pela Schindler, é conhecido na indústria por *Sistema de Controle por Andar de Destino*.

Em prédios providos com esse sistema computadorizado, cada passageiro tecla seu andar de destino em um painel localizado no *lobby* do prédio. Em seguida o painel indica em qual dos elevadores o passageiro deverá embarcar. Os botões disponíveis dentro das cabines dos elevadores são desabilitados, operando somente como indicadores de onde o elevador irá parar. Os fabricantes que adotam esse sistema anunciam que os tempos médios de viagem podem ser reduzidos em até 30% ([?]).

Há dois problemas básicos com esse sistema:

1. eventualmente uma pessoa informa o mesmo destino para um grupo grande de pessoas. O algoritmo de despacho pode ser incapaz de tratar essa situação e os últimos passageiros a embarcar no elevador informado para o grupo podem encontrá-lo cheio;
2. também eventualmente, uma pessoa pode pressionar o botão do painel múltiplas vezes, com a suposta intenção de apressá-lo. Isso fará com que o sistema aloque possivelmente mais de um elevador para o andar, que trafegarão vazios, servindo somente a uma pessoa.

Alguns fabricantes implementam modos especiais de operação nos elevadores que fabricam:

- proteção anti-crime, que faz com que os elevadores sempre parem em um andar pré-determinado, onde se encontra um vigilante ou recepcionista, que fará uma rápida inspeção visual dos passageiros;
- horário de pico de subida, que comanda os elevadores para o *lobby*, nos horários de entrada ou de retorno do almoço, por exemplo. O início desse modo de operação pode se dar em uma hora determinada, quando os elevadores começam a sair lotados do *lobby* ou por acionamento manual;
- horário de pico de descida, que comanda os elevadores para o andar mais alto, nos horários de fim de expediente ou de saída para o almoço, por exemplo. O início desse modo de operação pode se dar em uma hora determinada, quando os elevadores começam a chegar lotados no *lobby* ou por acionamento manual;
- modo independente, quando os elevadores não respondem mais a chamadas nos *halls* (ficando, portanto, fora do *pool* de elevadores), sendo comandado, exclusivamente, pelo cabineiro;
- em modo de manutenção/inspeção, quando o elevador é controlado por mecânicos especializados por meio de painéis no topo dos elevadores. Posto nesse modo, todas as

paradas programadas são canceladas e os elevadores não respondem mais a chamados nos *halls* ficando, portanto, fora do *pool* de elevadores;

- o modo de operação em situação de incêndio é ativado por mecanismos de detecção de fogo ou fumaça. Nesse modo, em um primeiro momento, os elevadores deixam seus passageiros em andar pré-estabelecido e passam a não atender chamados de outros andares. Daí em diante podem ser operados diretamente das cabines, pelo pessoal de combate a incêndio, até que os sensores de calor e fumaça desarmem e o retorno ao modo normal seja comandado de dentro das cabines;
- modo *código azul*/emergência médica, onde o elevador atende diretamente a chamado de determinado andar. Cada andar tem um botão/*switch* de chamado *código azul* que, se acionado, faz com que o elevador que pode atender o chamado mais rapidamente seja alocado, independentemente do sentido em que esteja trafegado e se está ocupado. Nesse caso os passageiros são solicitados a deixar o elevador, que segue para o andar da solicitação, ficando de porta aberta e com o painel bloqueado. A tecla *código azul* disponível no interior da cabine deve ser acionada e o andar selecionado para que o elevador siga diretamente (*nostop*) para o andar. O elevador permanece nesse modo até que o mesmo seja desativado de dentro da cabine.

2.2.4. Monitoração.

Os circuitos fechados de Tv (CFTV) vêm sendo usados, não só por empresas, para a proteção da propriedade privada, mas também por autoridades públicas, na manutenção da lei e da ordem. O Centro de Controle e Monitoramento da Secretaria de Segurança Pública do Estado do Rio de Janeiro, por exemplo, dispõe de câmeras que monitoram diversos locais públicos na cidade do Rio de Janeiro, colaborando bastante para a atuação preventiva da polícia.

A despeito da acreditada contribuição que a monitoração traz para a segurança, a real efetividade do monitoramento (em locais públicos) e a privacidade de quem está sendo observado trazem uma série de questões importantes que vêm sendo discutidas ([4]).

As câmeras mais usadas atualmente em monitoração produzem sinais de vídeo composto (analógicos), que apresentam limitações de alcance e qualidade. A escolha entre os diversos modelos fundamenta-se no número de linhas de resolução e na sensibilidade à luz. O armazenamento das imagens em disco rígido ou mídia ótica necessita que as imagens sejam digitalizadas, o que pode ser feito por equipamento próprio para essa finalidade ou por placas e software de captura instalados em microcomputadores.

Mais recentemente, as câmeras IP têm ganhando a preferência dos instaladores, pois podem ser conectadas nas redes de dados quase que invariavelmente já existentes, seus sinais podem ser roteados de e para todos os locais do prédio atendidos pela infra-estrutura de comunicação de dados e seus sinais já estão digitalizados, o que facilita o armazenamento sem que haja a necessidade de hardware especial para isso. Os preços, no entanto, ainda são um pouco altos quando comparados aos das câmeras com saída de vídeo composto.

As câmeras de CFTV se classificam em dois grupos – CMOS e CCD – quanto à tecnologia do componente foto-sensível interno da câmera responsável pelo registro da imagem:

1. CMOS é, de modo bem geral, a tecnologia padrão utilizada na maioria dos chips, circuitos integrados e semicondutores produzidos no mundo, incluindo chips de memória, microprocessadores e muitos outros. Isto torna a tecnologia muito mais acessível do que a tecnologia CCD (vide abaixo). Quando comparadas às câmeras CCD, possuem um custo mais baixo graças a projeto e processo de produção mais simplificados. Como

desvantagens citamos a baixa sensibilidade com pouca iluminação, o que requer ambientes bem iluminados e a distorção de cores em câmeras de mais baixo custo. Em ambientes de baixa iluminação aparece na imagem um padrão fixo de ruído, que pode ser visto como pequenos pontos ou linhas na imagem. Por essas razões, as câmeras CMOS são usadas em CFTV preferencialmente para ambientes internos. Devido ao baixo custo, a tecnologia CMOS é muito utilizada em *webcams* para pequenas aplicações de vídeo-conferência e *chats*. As tecnologias mais atuais de sensores CMOS têm fornecido uma qualidade que pode ser comparada aos CCDs mais simples. Em comparação aos sensores CMOS anteriormente produzidos, os mais modernos produzem uma imagem de boa qualidade, com cores mais brilhantes, melhor sensibilidade e maior nitidez na imagem.

2. CCD é a abreviatura do termo inglês *Charge Coupled Device*. que vem sendo usada há um longo tempo na fabricação de câmeras para CFTV, multimídia e gravação doméstica. A tecnologia CCD, quando comparada à tecnologia CMOS, possui, em geral, melhor sensibilidade (maior qualidade da imagem com menor iluminação), melhores cores e imagens mais nítidas. Como desvantagens, sensores CCD têm maior custo e complexidade de produção e, portanto, de aquisição, e, quando existe um objeto muito brilhante na cena (e.g. uma lâmpada ou luz direta do sol), o CCD pode produzir listras verticais acima e abaixo do objeto. Este fenômeno é chamado "*blooming and smear*" (florescimento e mancha). Hoje em dia a maioria das câmeras de qualidade possuem sensores CCD.

O tamanho do sensor é o principal indicador da qualidade da imagem gerada. Existem CCDs de 1", 2/3", 1/2", 1/3", 1/4", sendo os de 1/3" e 1/4" os mais utilizados em CFTV com câmeras coloridas e preto-e-branco, respectivamente. O número de pixels (a resolução) determina a qualidade do CCD. Um CCD de 1/3" será teoricamente melhor do que outro de 1/4", embora existam CCDs menores, feitos com engenharia superior, que provêm melhor qualidade, a despeito do menor tamanho. É mais comum, no entanto, nos referirmos ao número de linhas que a câmera produz (as chamadas *TVLines* ou TVL, que correspondem à resolução – número de pixels – na vertical) para especificarmos a qualidade da imagem produzida; quanto maior for o número de linhas, melhor será a resolução, e portanto, a qualidade da câmera.

As câmeras de CFTV se classificam, ainda, em dois grupos quanto ao tamanho ([5]):

1. *mini-câmeras*: unidades compactas, de baixo preço, medindo tipicamente 4cm X 3cm X 1cm, com qualidades que variam de baixa a razoável, providas de poucos recursos técnicos, como troca de lentes e visão noite-dia (com ou sem *leds* infra-vermelhos), por exemplo;
2. *câmeras*: equipamentos de maior dimensão, precisão, recursos e preços, possuindo muito mais opções técnicas em termos de intercâmbio de lente, zoom, auto-íris, dentre outros. A íris imita o olho humano, controlando a quantidade de luz que atinge a superfície foto-sensível (CCD).

Outro aspecto importante, que diz respeito à nitidez e ao enquadramento da imagem obtida, é a escolha da lente a ser usada ([6]).

A função da lente é permitir a captação da luz refletida nos objetos de uma cena que por meio do sensor fotossensível (CCD ou CMOS) localizado logo atrás da lente. A lente funciona como o cristalino do olho humano e o CCD como retina. Lentes são especificadas pela distância focal em milímetros.

O campo de visão de uma câmera é função de três parâmetros: o tamanho do sensor, a distância da câmera até o plano a ser observado e a distância focal da lente utilizada. Como, normalmente, o campo de visão e os dois primeiros parâmetros da função são conhecidos, temos como variável nessa função a distância focal, ou seja, a lente que precisa ser instalada na câmera.

Tabela 1: Determinação da distância focal da lente, dados a distância da câmera ao plano da cena e o tamanho da cena para câmeras com sensor de 1/3”.

CCD de 1/3”							
Distância Focal da Lente (em mm)	Distância da Cena em Metros						
	1,5	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	23,0
	Área da Imagem em Metros						
	L x A	L x A	L x A	L x A	L x A	L x A	L x A
1,9	3,4x2,9	7,8x5,9	16x12	24x18	31x23	39x29	59x45
2,5	2,6x2,1	6,0x4,5	12x8,8	18x13	24x17	29x22	45x34
3,6	2,1x1,5	4,1x3,1	8,3x6,2	12x9,3	17x12	21x14	31x23
6,0	1,1x0,9	2,2x1,8	4,4x3,6	6,6x5,4	8,8x7,2	11x9,0	17x13
8,0	0,8x0,6	1,6x1,2	3,2x2,4	4,8x3,6	6,4x4,8	8,0x6,0	12x9,0
12,0	0,6x0,4	1,2x0,8	2,4x1,6	3,6x2,4	4,8x3,2	6,0x4,0	9,0x6,0
16,0	0,4x0,3	0,8x0,6	1,6x1,2	2,4x1,8	3,2x2,4	4,0x3,0	6,0x4,5

Nota: L=Largura, A= Altura.

Tabela 2: Determinação da distância focal da lente, dados a distância da câmera ao plano da cena e o tamanho da cena para câmeras com sensor de 1/4”.

CCD de 1/4”							
Distância Focal da Lente (em mm)	Distância da Cena em Metros						
	1,5	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	23,0
	Área da Imagem em Metros						
	L x A	L x A	L x A	L x A	L x A	L x A	L x A
1,9	2,9x2,2	5,7x4,25	12x8,6	1,7x1,3	23x17	29x21	43x32
2,5	2,2x1,6	4,4x3,3	9,4x7,1	13x9,8	17x13	22x16	33x25
3,6	1,5x1,1	3,0x2,3	6,0x4,5	9,0x6,8	12x9,1	15x12	23x17
6,0	0,9x0,7	1,8x1,4	3,6x2,7	5,4x4,1	7,3x5,4	9,0x6,8	14x11
8,0	0,7x0,5	1,4x1,0	2,7x2,0	4,1x3,1	5,4x4,1	6,8x5,2	10x7,8
12,0	0,5x0,4	0,9x0,7	1,8x1,4	2,7x2,0	3,7x2,7	4,6x3,4	7,0x5,2
16,0	0,34x0,26	0,7x0,5	1,4x1,0	2,2x1,5	2,7x2,0	3,4x2,6	5,2x3,9

Nota: L=Largura, A= Altura.

As tabelas 1 e 2, retiradas de [6], permitem determinarmos a distância focal em função da distância da lente à cena e do tamanho da cena para sensores de 1/3” e 1/4” (esses mais comumente encontrados em mini-câmeras).

OBS: Uma consequência que devemos considerar ao escolhermos uma lente de menor distância focal (que resulta em um enquadramento maior para uma dada distância da cena) é o menor detalhamento da imagem.

Para o cálculo de lente, [9] estabelece a seguinte expressão:

$$f = K.d/l$$

onde f é a distância focal em milímetros, d é a distância da câmera ao plano da imagem em metros, l é a largura em metros do retângulo do campo de visualização à distância d da câmera e K assume os valores 12,7, 8,8, 6,4, 4,8 e 3,4 para CCDs de 1”, 2/3”, 1/2”, 1/3” e 1/4”, respectivamente. As lentes usualmente disponíveis têm distâncias focais de 1,9mm, 2,5mm, 3,6mm, 6mm, 8mm, 12mm e 16mm.

Podemos perceber da expressão acima que, quanto menor for a distância focal, maior será o campo de visão e, portanto, menos detalhada será a imagem observada.

Para as situações em que necessitamos movimentar a câmera e alterar o *zoom*, utiliza-se um mecanismo chamado PTZ (*Pan, Tilt e Zoom*) que comandam remotamente e independentemente o movimento na horizontal (*pan*) e na vertical (*tilt*) da base da câmera, além do *zoom* no bloco da lente.

Os sinais de comando podem trafegar em cabos separados ou podem ser modulados no próprio cabo de alimentação da câmera.

Os sinais analógicos de vídeo composto podem ser gravados diretamente em gravadores de vídeo do tipo time lapse. Como vantagens desse tipo de armazenamento citamos o baixo custo e a autonomia (grava até 40 dias com uma mesma fita VHS de 120 minutos). Como desvantagens citamos a baixa qualidade da gravação e a dificuldade de busca quando não há idéia precisa de quando o evento procurado ocorreu.

Atualmente os dispositivos de armazenamento digitais contam com programas que realizam as buscas de imagens com base em intervalos entre datas, percentuais de variações entre imagens sucessivas, detecção de movimento em determinada região da imagem ou combinações entre esses critérios de busca. Os sistemas digitais podem ter a autonomia de meses, em função dos modernos algoritmos de compressão e de eliminação de imagens repetidas e da grande capacidade (500Gb ou maior) dos discos rígidos modernos.

Alguns outros *links* importantes (acesso em abril de 2011):

<http://www.cctvinfo.com/>.

<http://www.jvsg.com/cctv-camera-lens-calculations>.

http://www.rfconcepts.co.uk/lens_calculator.htm.

<http://www.compumodules.com/image-processing/focal-length-calculator.shtml>.

2.2.5. Controle de Acesso.

Em segurança patrimonial, o termo controle de acesso faz referência à prática de se permitir o acesso a um ambiente apenas para pessoas autorizadas. Nesse contexto, o controle de acesso pode ser obtido de algumas maneiras:

- por meio de pessoas (um guarda, segurança ou recepcionista);
- por meios mecânicos, como fechaduras, chaves e segredos;
- por outros meios tecnológicos, como sistemas baseados em cartões de acesso, códigos de barras, leitores biométricos, sensores de proximidade, senhas, etc.;
- por uma combinação qualquer dessas maneiras, caracterizando mecanismos de múltiplos *fatores*.

As catracas, portas giratórias, torniquetes e portas com trancas automáticas oferecem o impedimento físico ao acesso que, operando em conjunto com software e leitores biométricos, de proximidade ou de códigos de barras, são os mecanismos mais usados para o controle do acesso a prédios comerciais.

No caso de segurança eletrônica, quando a credencial é apresentada ao leitor, este envia a informação lida ao um dispositivo computadorizado que verifica a validade da credencial junto à base de credenciais, autorizando ou negando o trânsito do portador da credencial e armazenando a ocorrência em um arquivo de registro de acessos. Quando o acesso é autorizado, a catraca, porta giratória, torniquete ou porta com tranca automática é liberada, caso contrário, ela permanece trancada. Em qualquer caso, normalmente é enviado ao transeunte um aviso sonoro ou visual como resposta à apresentação da credencial.

Credenciais simples, de um só fator, são mecanismos falhos de controle de acesso, pois elas podem se emprestadas ou roubadas. Para evitar isso, pode-se complementar a credencial simples com ou outro fator, como uma senha, uma segunda credencial, intervenção de um operador ou biometria.

Os três fatores que podem ser escolhidos dois a dois para se definir uma credencial para se ter acesso a um local podem ser caracterizados como:

1. Algo que você tem, como um crachá com código de barras;
2. Algo que você sabe, como uma senha que você conhece;
3. Algo que você é, como um dado biométrico seu.

Os dois componentes de um sistema de controle de acesso são, portanto:

1. ponto de controle de acesso, que pode ser uma catraca, porta giratória ou de abrir, torniquete ou qualquer outra barreira física, cuja abertura é feita por uma pessoa ou um dispositivo de abertura eletro-mecânico;
2. credencial, que se constitui de um ou mais fatores categorizados acima.

Três importantes tecnologias usadas para a composição de uma credencial são:

1. códigos de barras, tipicamente no padrão 39 (3 de 9) e idealmente legíveis por infravermelho, que não podem ser fotocopiados nem lidos a olhos nus;
2. fitas magnéticas, fixadas em cartões, contêm informações que podem ser lidas por leitores magnéticos e que são gravadas tipicamente em três trilhas de dados. Fitas magnéticas são baratas, facilmente gravadas e lidas e as informações gravadas podem ser criptografadas. Fitas magnéticas são susceptíveis a desgaste e desmagnetização;
3. smart cards são cartões que possuem memória e microprocessador embutidos, possuindo ou não contatos expostos para se comunicarem com os leitores/gravadores. Os smart cards são diferentes dos cartões de proximidade no seguinte aspecto: os microchips nos cartões de proximidade possuem a única função de proverem um número de identificação aos leitores, ao passo que, nos smart cards, há um sistema operacional que pode suportar a execução de múltiplas aplicações, tais como, cartão de dinheiro, serviços pré-pagos e cartão de controle de acesso. Enquanto os cartões com contatos possuem oito contatos para que possam se conectar aos leitores/gravadores, os cartões sem contato o fazem através de rádio-frequência (como nos cartões de proximidade, guardadas as diferenças na banda de frequência usada e a na funcionalidade já mencionada). O emprego de smart cards no controle de acesso permite que as informações do usuário e dos acessos sejam armazenadas no cartão.

Alguns outros *links* importantes (acesso em abril de 2011):

http://en.wikipedia.org/wiki/Access_control.

3. Tecnologias e Técnicas em Automação Predial

Neste capítulo apresentamos as principais tecnologias e técnicas empregadas em automação predial.

3.1. Sensores e Atuadores

Automação trata de sistemas desenvolvidos para a execução automática de atividades repetitivas ou quando da ocorrência de determinados eventos. Um sistema de automação possui mecanismos que controlam, de forma pré-programada, seu próprio funcionamento, com pouca ou nenhuma interferência do operador humano. Automação pode ser vista como um ciclo de três etapas:

1. captura do estado do ambiente,
2. definição da necessidade e da forma de atuação considerando os objetivos pré-estabelecidos para o estado e
3. execução das ações necessárias para mudar o estado do ambiente.

Automação envolve, portanto, sensoriamento, controle e comando ([14]).

Sensores são dispositivos que detectam a ocorrência de eventos e as condições do ambiente, funcionando como a principal entrada de dados de qualquer sistema de automação.

Em sistemas de automação predial usa-se diversos tipos de sensores:

- de temperatura e de umidade, para controle dos equipamentos de condicionamento de ar;
- de luminosidade, para controle dos dispositivos de iluminação e de deflexão da luz externa, quando existentes;
- de variação de tensão/corrente, para controle dos dispositivos de condicionamento de energia;
- de presença/de movimento; para acionamento de alarmes durante horários fora do expediente e para comando dos dispositivos de iluminação;
- de contato, para a detecção de abertura e fechamento de portas e janelas;
- de nível, para a medição dos níveis dos reservatórios de água, combustível, etc;
- de barreira, para a detecção de ultrapassagem de um perímetro;
- de fumaça/temperatura, para a detecção de incêndios.

Atuadores são dispositivos que executam as ações definidas pelo controle (sistema de automação) com base no *input* dos sensores. Como exemplo de atuadores, citamos:

- relés e contactores, para acionamento de dispositivos eletromecânicos;
- motores de passo e servomecanismos, para acionamentos mecânicos em geral;
- dimmers, para controle da iluminação;
- trancas eletromecânicas e solenóides em geral, para abertura de portas, por exemplo;
- switchers, para acionamento alternativo de dispositivos;
- válvulas, para controle de vazão de líquidos.

3.2. Infra-Estrutura de Comunicação

Os dispositivos de automação podem se conectar entre si ou entre eles e os dispositivos de controle formando redes. A infra-estrutura de comunicação consiste, de forma simplificada, de um meio físico (cabos coaxiais, pares trançados e cabos de rede para a transmissão dos sinais elétricos, por exemplo) e protocolos em diversos níveis, que definem o formato, implementam os mecanismos de controle de qualidade das mensagens e as suas sequências de trocas.

São diversos os protocolos disponíveis. Trataremos de alguns deles a seguir.

3.2.1. BACnet.

BACnet é um protocolo aberto e não-proprietário, cujo desenvolvimento se deu em meio ao desenvolvimento e uso de outros protocolos para redes de controle que não satisfaziam a um conjunto de características consideradas importantes. Dentre essas características podemos citar:

- ser uma solução projetada especificamente para resolver os problemas típicos de automação predial,
- ser uma solução de fácil implementação e
- ser uma solução aberta, não-proprietária.

BACnet, acrônimo para *Building Automation and Control Network*, é o termo comumente usado para se referir ao padrão ANSI/ASHRAE 135-1995. Criado especificamente para emprego em automação e

controle prediais, tem como foco a eficiência, a compatibilidade entre dispositivos de diversos fabricantes, flexibilidade, extensibilidade, simplicidade, aplicabilidade em processos de tempo real, uso de esquemas de priorização e estabilidade em condições comumente encontradas, dentre outras.

O protocolo BACnet provê mecanismos que permitem que dispositivos de automação troquem dados, independentemente dos serviços que prestam à rede. Como consequência, o protocolo pode ser usado, tanto em estações de trabalho de interface com a rede, quanto em controladores digitais de uso geral e de propósitos específicos, indistintamente.

Com BACnet, a comunicação entre dispositivos é feita por meio de serviços demandados e prestados, que incluem anúncio e busca de dispositivos, de recursos e da capacidade de leitura e escrita para compartilhamento de dados. Podem estar disponíveis na rede objetos para entrada e saída analógicos e digitais, calendário e armazenamento de dados, entre outros.

O protocolo BACnet é de alto nível, podendo ser implementado sobre diversos tipos de camadas físicas ou de *link* de dados, tais como ARCNET, Ethernet, BACnet/IP, comunicação ponto-a-ponto sobre RS-232, mestre-escravo/passagem de token sobre RS-485 e LonTalk, de mais baixo nível, que serão tratados mais adiante.

As mensagens são trocadas no protocolo BACnet utilizando uma forma orientada a objetos; toda informação em um sistema BACnet é representada em termos de objetos. Um objeto pode representar a informação a respeito de um dispositivo físico de entrada ou saída (sensor ou atuador) ou pode representar um agrupamento lógico de pontos que executam alguma função. Todo objeto possui um identificador (e.g. AI-1) que permite que ele seja identificado univocamente em um sistema. Um objeto consiste de um número definido de propriedades, cada uma possuindo um valor. É por meio das propriedades que um objeto (e, portanto, um dispositivo) pode ser controlado e monitorado.

Um dispositivo de automação pode conter um ou mais objetos.

Como ilustração, imaginemos um dispositivo de obtenção de temperatura de um ambiente contendo um sensor analógico de temperatura identificado como AI-1 (de analogic input). O objeto AI-1 poderia reportar a temperatura do ambiente por meio de uma consulta feita à sua propriedade `valor-atual` que poderia conter o valor (medido em dado momento), por exemplo, 32. Outra propriedade poderia ser unidade de medida que conteria °C ou °F. Outras propriedades, ainda, poderiam ser `tipo` e `descrição`...

BACnet especifica 123 propriedades de objetos. Três delas (`Object-identifier`, `Object-name`, e `Object-type`) são obrigatórias para todos os objetos. BACnet também requer que certos objetos suportem algumas propriedades adicionais específicas. O tipo de objeto e o tipo de dispositivo em que o objeto reside determina que propriedades devem estar presentes. Algumas propriedades aceitam escritas e leituras, outras somente escritas, outras somente leituras.

A leitura ou escrita de uma propriedade caracteriza um serviço. Serviços compõem o mecanismo de interação entre objetos que permitem que dispositivos comandem outros ou que conheçam seus estados. O único serviço que é obrigatório para todos os dispositivos é o serviço de leitura de propriedade. Existem ao todo 32 serviços padronizados.

Engenheiros e especificadores de projetos precisam saber que objetos e serviços são suportados por que dispositivos em um sistema. Essa informação é encontrada na especificação da implementação do protocolo para os dispositivos.

Como nem todos os dispositivos necessitam implementar os mesmos níveis de funcionalidade, BACnet define classes de conformidade que categorizam as capacidades e funcionalidades dos dispositivos. Todos os dispositivos de uma dada classe de conformidade devem ter um conjunto mínimo bem definido de características e recursos necessários; os demais são opcionais. Comparando-se as características e funcionalidades providas por um determinado dispositivo com as funcionalidades dos dispositivos de

outros fabricantes, e considerando-se as necessidades do projeto, determina-se se o produto se presta à aplicação.

3.2.2. LonWorks.

LonWorks é uma plataforma de rede especificamente criada para atender a necessidades de performance, confiabilidade, facilidade de instalação e manutenção de aplicações de controle. A plataforma é construída sobre um protocolo criado pela Echelon Corporation para interligação de dispositivos em rede usando pares trançados, linhas de força (a comunicação com os dispositivos é feita usando-se a alimentação AC dos dispositivos), fibras óticas e rádio frequência, para os quais há *tranceivers* específicos disponíveis no mercado, com taxas de transmissão que variam de 4,88 a 1250 Kbps, dependendo do tipo de meio físico usado ([15], [19]).

A origem da plataforma se deu com o desenvolvimento de software e outros produtos para redes na Echelon Corporation, dentre eles o protocolo LonTalk, que apresentaremos mais adiante.

Até 2006, foram instalados aproximadamente 60 milhões de dispositivos com a tecnologia LonWorks para automação predial, residencial, de transportes e industrial, para executar tarefas de controle embarcado de máquinas, controle de iluminação municipal e rodoviária, sistemas de condicionamento de ar e aquecimento, medição inteligente de consumo de eletricidade, controle de iluminação e de áudio em estádios, sistemas de segurança, controle de trens, detecção e extinção de incêndios e monitoração de unidades de atendimento neonatal.

Duas tecnologias de camada física – par trançado e comunicação por linha de força – são tipicamente incluídas em cada um dos padrões criados em torno da tecnologia LonWorks. Com o uso de pares trançados os dispositivos operam a 78 Kbps, usando código Manchester diferencial, e a comunicação por linha de força permite taxas de 5.4 ou 3.6 Kbps, dependendo da banda usada ([13]).

Adicionalmente, a plataforma LonWorks usa um padrão de tunelamento IP (o padrão ANSI/CEA-852) que é usado por fabricantes para a conexão de dispositivos pertencentes a redes baseadas em LonWorks novas e pré-existentes a aplicações e ferramentas de gerência de redes IP. A maioria das aplicações de controle baseadas em LonWorks está sendo implementada com algum tipo de integração com IP. Isso tem sido feito com o uso de serviços *web* ou com produtos de roteamento IP disponíveis no mercado.

Uma rede consiste de dispositivos (nós) cujas "inteligências" são providas por chips Neuron que possuem três processadores de 8 bits, dois deles processando o protocolo e o outro, programável na linguagem Neuron C derivada do ANSI C, processando a aplicação do nó.

Os nós da rede são entendidos como unidades que recebem estímulos de entrada (que podem ser mensagens de outros nós) e atuam, de forma distribuída e coordenada, de acordo com suas especializações ([10]). Os nós se comunicam diretamente como o uso do protocolo LonTalk que opcionalmente inclui a confirmação de recebimento de mensagens e re-entios automáticos das mesmas nos casos de erros.

A tecnologia divide o espaço de endereçamento dos nós em sub-redes (com até 127 nós) e domínios (com até 255 sub-redes).

O uso dos processadores Neuron de oito bits, desenvolvido pela Echelon, foi, inicialmente, a única forma de se implementar um nó LonWorks, compondo até hoje a grande maioria do hardware LonWorks. Mais recentemente o protocolo se tornou disponível para processadores de propósito geral a partir de um porte do padrão ANSI/CEA-709.1 para processadores de 32 bits baseados em IP.

Uma questão importante que diz respeito à interoperabilidade dos dispositivos de diversos fabricantes é a padronização das variáveis usadas para descrever as características dos dispositivos para o protocolo. A lista dessas variáveis é mantida pela LonMark International e cada padrão é conhecido como tipo-padrão de variáveis de rede (*Standard Network Variable Types* – SNVTs; pronuncia-se "sniv-its"). Por

exemplo, é esperado que um termostato usando o SNVT de temperatura reporte um número entre 0 e 65535, que deve ser mapeado para um intervalo de -2740 °C a 6279,5 °C.

Com essas tecnologias é possível projetar-se, instalar-se e configurar-se dispositivos inteligentes que se comunicam entre si para formar sistemas de automação residencial e industrial e de controle em prédios comerciais, dentre outros. LonWorks é, portanto, de uso bastante difundido em automação predial para aplicações em controle de iluminação e ar-condicionado e ventilação. O protocolo também vem sendo adotado em sistemas de segurança, automação residencial, iluminação, monitoração e controle de vias públicas, dentre outras aplicações.

Comparações entre BACnet e LonWorks (protocolos frequentemente comparados entre si) podem ser encontradas em [17] e [11].

3.2.3. Modbus.

Modbus é um protocolo de comunicação serial publicado pela Modicon em 1979 para uso em PLCs (*Programmable Logic Controls* – Controles Lógicos Programáveis). Tornou-se um padrão na indústria e é atualmente a forma mais comum de conexão de dispositivos eletrônicos industriais. As principais razões para essa popularidade se devem ao fato de ser um padrão aberto e livre de royalties e de permitir a instalação em redes industriais com relativa facilidade.

O Modbus permite a comunicação entre dispositivos de diversos tipos conectados à mesma rede. Modbus é frequentemente usado para conectar-se um computador de supervisão com uma unidade terminal remota em sistemas SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition* – controle supervisor e aquisição de dados).

Existem versões do protocolo para porta serial e para Ethernet e para outras redes que suportam a suíte de protocolos IP.

A maioria dos dispositivos Modbus se comunica por meio de um meio físico serial EIA-485. Existem duas variações para este caso (RS-485), com diferentes representações de dados numéricos e com detalhes ligeiramente diferentes do protocolo (RTU ou ASCII): Modbus/RTU é uma representação binária compacta dos dados, onde os comandos e dados são sucedidos por validação por redundância cíclica (CRC). Modbus/ASCII é legível e mais verboso e os comandos e dados são sucedidos por validação por redundância longitudinal (LRC). Nós configurados para a variante RTU não se comunicam com nós configurados para a variante ASCII e vice-versa.

Para conexões sobre TCP/IP (Ethernet) existe uma variante mais recente – Modbus/TCP - que não demanda validação (*checksum*).

O modelo de dados e as chamadas às funções são idênticos para as três variantes do protocolo; apenas o encapsulamento das mensagens é diferente.

Também existe uma versão estendida do protocolo: Modbus Plus (Modbus+ ou MB+) que permanece proprietária da Modicon. Essa versão demanda um co-processador dedicado para implementação de funções de comunicação e mais hardware para a interface com computadores. Usa pares trançados e opera a 1 Mbps.

Modbus, embora vindo do mundo de automação industrial, satisfaz algumas das necessidades da comunidade de automação predial antes do advento da BACnet, embora não tenha sido concebido para esse fim.

3.2.4. ARCNET.

ARCNET (ANSI/ATA 878.1) é um padrão *token bus* onde os dispositivos tipicamente contam com um único chip que trata o acesso à mídia, o que é feito com velocidades na faixa de 150Kbps a 755 Mbps. ARCNET opera comumente a 2,5 Mbps sobre par trançado.

3.2.5. Comunicação Ponto-a-Ponto Sobre RS-232.

Protocolo que usa modems nos padrões V.32bis e V.42 e linhas de comunicação de voz com conexões diretas por cabo no padrão EIA-232 (RS-232). A velocidade de comunicação vai até 56.0 Kbps.

3.2.6. Mestre-Escravo/Passagem de Token.

Esse protocolo é implementado usando o padrão de sinais EIA-485 (RS-485) em um barramento de par trançado e operando de 9,6 a 76,8 Kbps. Redes desse tipo têm um baixo custo e são particularmente adequadas quando só há um único controlador.

3.2.7. LonTalk.

LonTalk é um protocolo de redes de controle desenvolvido pela Echelon Corporation em 1989 que vem sendo ratificado por um número crescente de órgãos americanos de padronização.

O protocolo foi inicialmente implementado no chip Neuron com três processadores 8 bits (um para tratar as conexões físicas de rede, outro dedicado ao processamento da aplicação e o terceiro para coordenar o funcionamento dos outros dois) mas, desde a padronização ANSI/CEA-709.1, vem sendo implementado em muitos outros processadores por muitos fabricantes.

LonTalk é parte da plataforma LonWorks e também é usado como uma das possíveis camadas físicas do protocolo BACnet para automação predial.

3.2.8. ZigBee.

Identificamos importantes diferenciais das tecnologias de redes sem-fio em relação às que utilizam cabos, de que tratamos até aqui, para a comunicação de dados em automação. Um dos principais diferenciais é que as tecnologias sem-fio compartilham a vantagem de não necessitar de instalação de infraestrutura física de comunicação, permitindo o estabelecimento de redes onde a instalação de cabos é difícil, cara ou proibida e onde a mobilidade é necessária.

Dedicamos, portanto, parte deste texto a essas tecnologias que são, também, inúmeras. Dentre as tecnologias mais modernas destacamos a ZigBee de que trataremos a seguir.

A ZigBee Alliance é uma associação de empresas que trabalham para viabilizar a criação de dispositivos de monitoramento e controle baseados em padrões globais abertos e que sejam confiáveis, de baixo consumo, conectáveis através de redes sem-fio e a custo razoável ([1]). A especificação ZigBee consiste de uma suíte de protocolos de comunicação digital via rádio, baseada no padrão IEEE 802.15.4 para uso em redes pessoais sem-fio (WPLANS).

Ao contrário de tecnologias para PANs, como por exemplo Bluetooth, dispositivos ZigBee têm a capacidade de formar redes em malhas (meshes), onde cada elemento estabelece ligações com os demais elementos de sua vizinhança. Uma rede ZigBee pode conter mais de 65000 dispositivos ativos e cada dispositivo pode operar por anos com uma pilha AA, já que o consumo de energia é baixo.

Existem três categorias de nós ZigBee: o nó coordenador da rede, que automaticamente inicia a formação da rede; o nó roteador, que junta grupos de nós e ajuda a disseminar as mensagens, podendo se associar a nós dispositivos e a outros nós roteadores; e nós dispositivos (*end devices*), que são os sensores, atuadores, monitores, *switches*, *dimmers* e outros dispositivos controladores.

Pelo fato das redes ZigBee formarem malhas, uma de suas vantagens em relação às redes ponto-a-ponto é o grande alcance, apesar do pequeno alcance de cada nó, individualmente. A explicação para isso é que cada nó transmite aos seus vizinhos mais próximos as mensagens que recebe. Também por esse fato a confiabilidade é maior, já que há mais caminhos possíveis (redundância) entre quaisquer dois nós.

As baixas taxas de transmissão, tipicamente abaixo dos 100 Kbps, restringem o uso da tecnologia a um número reduzido de aplicações, como sensoriamento e comando remoto em instalações residenciais, prediais e industriais, por exemplo.

ZigBee, como as demais tecnologias sem-fio, possui ainda a vantagem de não necessitar de instalação de infra-estrutura física de comunicação, permitindo o estabelecimento de redes onde a instalação de cabos é difícil, cara ou proibida por lei e onde a mobilidade é necessária.

4. Interoperabilidade

Antes das redes BACnet, não havia um padrão na indústria no qual os fabricantes pudessem se basear para projetar sistemas de automação interoperáveis ([2]).

Muitas soluções para a interoperabilidade entre dispositivos e redes de tecnologias e fabricantes diferentes usam os conceitos de *gateways* e conversores/adaptadores envolvendo o desenvolvimento e manutenção de software e hardware sob medida. Por isso, *gateways* e conversores são, em geral, caros e difíceis de serem desenvolvidos, especialmente se não há a cooperação entre os dois fabricantes e, portanto, a interface de uso dos dispositivos não é divulgada. Neste caso, ainda, acontece frequentemente dos *gateways* e conversores não implementarem a totalidade das funcionalidades dos dispositivos adaptados ou das interfaces.

Embora a interoperabilidade plena ainda não seja possível, os projetistas de sistemas de automação devem procurar escolher protocolos abertos e mais amplamente adotados, além de optar por dispositivos que implementam versões oficiais desses protocolos. Isso permitirá a maior "longevidade" de seu projeto e um menor custo de manutenção em função de um maior número de fornecedores.

5. Conclusões

Neste texto relacionamos alguns tópicos considerados importantes como uma aproximação inicial para estudo do tema "automação predial". Apresentamos os conceitos e aplicações típicas nessa área, relacionamos as tecnologias e técnicas comumente usadas atualmente nos sistemas, tratamos dos objetivos e ressaltamos a importância da interoperabilidade entre dispositivos de automação. Quanto às tecnologias de infra-estrutura de comunicação, apresentamos os protocolos de comunicação mais usados em automação predial: BACnet, LonWorks, Modbus, ARCNET, LonTalk e a tecnologia sem-fio ZigBee.

Tratamos bem superficialmente de cada tópico. Como dissemos, nosso objetivo é o de auxiliar na aproximação inicial para o tema. Os assuntos vistos aqui merecem, no nosso entender, ser tratados em maior profundidade, enquanto outros merecem ser abordados em um ou mais trabalhos futuros, como extensão a este. Com esse intuito apontamos a necessidade do estudo de tipos e aplicações de sensores e atuadores, interfaces de controle, aplicações de controle e monitoramento. Valeria a pena, também, relacionar-se de fabricantes de hardware a fornecedores de soluções completas nessa área.

Referências

- [1] <http://www.zigbee.org>, acesso em junho 2011.
- [2] <http://www.deltacontrols.com/bacnet/faq>, acesso em junho de 2011.
- [3] Archive of building automation articles. <http://www.automatedbuildings.com/resources/articles.htm>, acesso em abril de 2011.
- [4] Elevator. <http://epic.org/privacy/surveillance>, acesso em abril de 2011.
- [5] Escolha de câmeras de CFTV. http://www.protecnos.com.br/escolha_cameras.htm, acesso em abril de 2011.
- [6] Escolha de lentes para câmeras de CFTV. http://www.protecnos.com.br/escolha_lentes.htm, acesso em abril de 2011.
- [7] Introduction to direct digital control systems – chapter 1. <http://www.ddc-online.org/Digital-Control-Systems/Introduction-to-Direct-Digital-Control-Systems.html>, acesso em abril de 2011.
- [8] Introduction to direct digital control systems – chapter 2. <http://www.ddc-online.org/Digital-Control-Systems/Control-Responses.html>, acesso em abril de 2011.
- [9] Lens calculator. http://www.rfconcepts.co.uk/lens_calculator.htm, acesso em abril de 2011.
- [10] Lonworks tutorial. <http://www.ieclon.com/LonWorks/LonWorksTutorial.html>, acesso em junho de 2007.
- [11] Investigating open systems. comparing lonworks and bacnet. Market report, Strata Resource Inc, 2006.
- [12] Diane J. Cook and Sajal K. Das. How smart are our environments? an updated look at the state of the art. *Pervasive and Mobile Computing. Vol, 3:53–73*, 2007.
- [13] Echelon Corporation. PI3120/3150 power line smart transceiver data book. <http://www.echelon.com/support/documentation/manuals/transceivers/005-0154-01D.pdf>, acesso em setembro de 2008.
- [14] Luiz Antônio de Moraes Pereira. Automação residencial: rumo a um futuro pleno de novas soluções. *VII Congresso Internacional de Automação, Sistemas e Instrumentação - São Paulo*, 2007.
- [15] ECHELON. Introduction to the lonworks system, version 1.0. Technical Report 078-0183-01A, Echelon Corporation, 1999.
- [16] Paul Ehrlich and Ira Goldschmidt. Building automation: Green intelligent buildings, a brief history. http://www.esmagazine.com/CDA/Articles/Column/BNP_GUID_9-5-2006_A_10000000000000271363, acesso em abril de 2011.
- [17] David Fisher. Bacnet and lonworks: a white paper. Disponível em <http://www.BACnet.org/Bibliography/DMF-7-96/DMF-7-96.htm>, acesso em junho 2011.
- [18] Renato Nunes. Conceitos e Temas Associados aos Edifícios Inteligentes. http://domobus.net/ei_docs/cap2.pdf, acesso em abril de 2011.
- [19] Shih-Lin Wu. *Wireless Ad Hoc Networking*. Auerbach Publications, 2007.